



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 21 888 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 S 5/04**  
H 04 B 17/00

⑦1 Aktenzeichen: 199 21 888.9  
⑦2 Anmeldetag: 12. 5. 99  
⑦3 Offenlegungstag: 2. 12. 99

③0 Unionspriorität:

128769/98 12. 05. 98 JP  
128770/98 12. 05. 98 JP

⑦1 Anmelder:

Advantest Corp., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Luderschmidt, Schüler & Partner GbR, 65189  
Wiesbaden

⑦2 Erfinder:

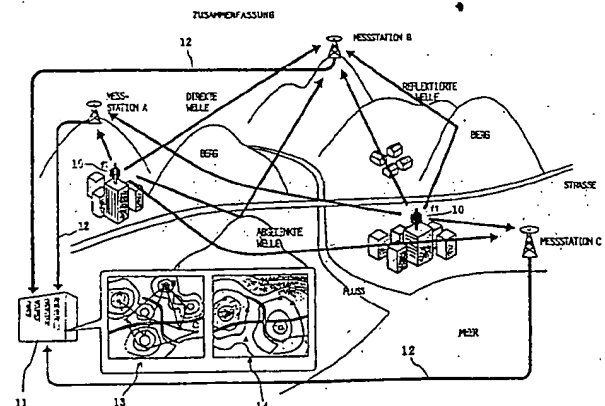
Kitayoshi, Hitoshi, Tokio/Tokyo, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren und Vorrichtung zur Radioüberwachung

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Radioüberwachung, mit dem die Position einer zu überwachenden Radiowellenquelle mit hoher Genauigkeit geschätzt werden kann, indem der Einfluß von geographischen Gegebenheiten oder Objekten auf dem Boden berücksichtigt wird. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung an einzelnen Meßstationen durchgeführt, um rekonstruierte Radiowellenbilder zu erhalten, und die rekonstruierten Radiowellenbilder werden mit den Ergebnissen einer im voraus durchgeführten Computersimulation verglichen, um eine wahrscheinliche Position der Radiowellenquelle zu bestimmen. Die Computersimulation wird wiederholt, während die Position der Radiowellenquelle in der Nähe der wahrscheinlichen Position sukzessiv variiert, um letztlich die Position der Radiowellenquelle zu bestimmen. In der Computersimulation werden Karteninformationen benutzt, um den Einfluß von geographischen Gegebenheiten oder Objekten auf dem Boden auf die Radiowellenausbreitung zu berücksichtigen. Nachdem die Position der Radiowellenquelle bestimmt ist, kann ein Beobachtungspunkt in der oder in der Nähe der Position gesetzt werden, und ein Fahrzeug zur Radiowellenüberwachung kann zum Beobachtungspunkt gefahren werden, um eine Radiowellenfotografie durch Radiowellen-Hologrammbeobachtung zu erhalten.



DE 199 21 888 A 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 199 21 888 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Radioüberwachung. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Technik zur Bestimmung des Standortes einer Radiowellenquelle, wie beispielsweise einer unlicenzierten Radiostation in einer bestimmten Region, Überwachung der genutzten Umgebung der Radiowellenmittel und zur Identifizierung und Visualisierung einer Radiowellenquelle, wenn eine solche Radiowellenquelle gefunden wird.

Nach dem Stand der Technik werden eine Vielzahl von Meßstationen (Radioüberwachungseinrichtungen) an verschiedenen Punkten angeordnet, um eine Radiowellenquelle, wie beispielsweise eine unlicenzierte Radiostation, aufzuspüren und deren Position zu bestimmen, wobei die Meßstationen die Richtungen eintreffender Radiowellen von der Radiowellenquelle ermitteln, indem Yagi-Uda-Antennen oder Goniometer benutzt werden. Die Position der Radiowellenquelle wird dadurch bestimmt, daß die Richtungen der bei den Meßstationen eintreffenden Radiowellen auf einer Karte ausgegeben werden, um die Position eines Kreuzungspunktes zu ermitteln (siehe z. B. Herndon H. Jenkins, "Small-Aperture Radio Direction-Finding", Artech House, 1991). Um eine strafrechtliche Verfolgung der unlicenzierten Radiostation einleiten zu können, muß festgestellt werden, welches Objekt an der gefundenen Position die eigentliche Strahlenquelle der Radiowelle ist, nachdem die Position der unlicenzierten Radiostation in der oben beschriebenen Art und Weise ermittelt wurde. In diesem Sinne wird die Feststellung der Position der Radiowellenquelle auf einer Karte als Spezifizierung der Position der Radiowellenquelle und die Ermittlung, welches Objekt an der gefundenen Position die eigentliche Strahlenquelle der Radiowelle ist, als Identifizierung der Radiowellenquelle bezeichnet.

Die Anwendung des obengenannten Verfahrens setzt voraus, daß sich eine Radiowelle von einer überwachten Radiowellenquelle direkt entlang eines einzigen Weges zu der Meßstation ausbreitet. Jedoch wird eine von der Quelle ausgesandte Radiowelle manchmal von geographischen Gegebenheiten oder Objekten auf dem Boden, wie beispielsweise Gebäude, abgelenkt oder reflektiert, und breitet sich dadurch nicht direkt aus. Des weiteren erreicht eine Radiowelle von einer Radiowellenquelle durch den Einfluß der geographischen Gegebenheiten oder den Objekten auf dem Boden die Meßstation manchmal über eine Vielzahl von verschiedenen Ausbreitungswegen. Wenn die Position einer Radiowellenquelle als Ziel der Überwachung nach der konventionellen Methode geschätzt wird, treten Fehler bei der Ermittlung der Richtung der eintreffenden Radiowelle auf, wodurch sich das Problem vergrößert, daß die Position der Radiowellenquelle mit einer geringen Genauigkeit geschätzt werden kann. Wenn beispielsweise die Richtung der eintreffenden Radiowellen an drei oder mehr Meßstationen gemessen wird, kann es vorkommen, daß sich die ausgedruckten Richtungen in keinem einzigen Punkt kreuzen. Wo die Genauigkeit der Messung der Position der Radiowellenquelle gering ist, tritt ein anderes Problem auf, nämlich daß auch die Identifizierung der Radiowellenquelle erschwert wird.

Da eine horizontale Suche der eintreffenden Richtungen ohne Informationen bezüglich der vertikalen Richtung durchgeführt wird, ist es bei dem konventionellen Verfahren problematisch, eine Radiowellenquelle zu spezifizieren, die sich in einem Raum eines hohen oder mittelhohen Gebäudes befindet. Des weiteren wird mit dem konventionellen Verfahren als Ergebnis der Messung eine Feldstärke am Standort einer Meßstation ermittelt, die die Radiowelle empfängt, und wenn eine andere Radiostation, die mit der gleichen

Frequenz arbeitet, vorhanden ist, kann dies dazu führen, daß die Meßstation die zu beobachtende Radiowelle in Kombination mit der von der anderen Radiostation ausgesandten Radiowelle empfängt. Folglich hat das konventionelle Verfahren den Nachteil, daß das Ergebnis der Messung nicht einfach als numerische Daten für die Übertragungsenergie der Radiowellenquelle angesehen werden kann.

Das Ziel der Radioüberwachung besteht nicht nur darin, eine unlicenzierte Radiostation aufzufinden, sondern auch darin, eine bessere Nutzung der Umgebung der Radiowellenmittel durch die Untersuchung, ob Radiowelleninterferenzen auftreten oder nicht, oder durch die Ermittlung der Ursachen für eine solche Radiowelleninterferenz zu ermöglichen. Um einen Grund für eine Radiowelleninterferenz zu ermitteln, ist es vorteilhaft, einen Ausbreitungsweg von einer Radiowellenquelle und eine Feldstärkenverteilung zu ermitteln. Jedoch hat das oben beschriebene konventionelle Verfahren den Nachteil, daß es weder bestimmen kann, wie sich eine Radiowelle von einer Radiowellenquelle bis zu einer Meßstation ausbreitet, noch in der Lage ist, eine Feldstärkenverteilung der Radiowelle von der Radiowellenquelle zu ermitteln, unabhängig davon, ob es sich bei der Radiowellenquelle um eine legale oder eine unlicenzierte Radiostation handelt.

Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Position einer mit Radioüberwachung zu beobachtenden Radiowellenquelle mit großer Genauigkeit geschätzt werden kann, indem der Einfluß der geographischen Gegebenheiten oder von Objekten auf dem Boden berücksichtigt wird.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der die Position einer mit Radioüberwachung zu beobachtenden Radiowellenquelle mit großer Genauigkeit geschätzt werden kann, indem der Einfluß der geographischen Gegebenheiten oder von Objekten auf dem Boden berücksichtigt wird.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, mit dem die Richtfähigkeit einer Übertragungsantenne einer Radiowellenquelle ermittelt und die Leistungsverteilung einer Radiowelle der Radiowellenquelle in einfach zu erkennender Weise wiedergegeben werden kann.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der die Richtfähigkeit einer Übertragungsantenne einer Radiowellenquelle ermittelt und die Leistungsverteilung einer Radiowelle der Radiowellenquelle in einfach zu erkennender Weise wiedergegeben werden kann.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Verfahren anzugeben, mit dem der Standort einer Radiowellenquelle, wie beispielsweise einer unlicenzierten Radiostation, genau identifiziert und die Übertragungsenergie der Radiowellenquelle objektiv geschätzt werden kann.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zu schaffen, mit der der Standort einer Radiowellenquelle, wie beispielsweise einer unlicenzierten Radiostation, genau identifiziert und die Übertragungsenergie der Radiowellenquelle objektiv geschätzt werden kann, und die sogar bewegbar ist, um eine Radiowellenfotografie zu erhalten.

Die Lösung der ersten Aufgabe der vorliegenden Erfindung erfolgt durch ein Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich zur Überwachung einer Radiowelle von einer Radiowellenquelle in einem Bereich mit den Schritten Aufstellen einer oder mehrerer Meßstationen, Berechnung der Richtungen der bei jeder Meßstation eintreffenden Radiowellen für jeden einer Vielzahl von Punkten in dem Bereich durch eine Computersimulation, die die Kar-

teninformationen berücksichtigt, unter der Annahme, daß eine Radiowellenquelle an dem Punkt vorhanden ist, getrenntes Beobachten der Richtungen der bei jeder Meßstation eintreffenden Radiowelle von der Radiowellenquelle für einzelne Ausbreitungswege, Vergleichen der beobachteten Richtungen der Radiowelle mit den Ergebnissen der Computersimulation, um aus den Ergebnissen der Computersimulation das Ergebnis herauszufinden, dessen Einfallrichtungen die größte Ähnlichkeit mit den beobachteten Richtungen der eintreffenden Radiowelle hat, und Unterscheidung eines entsprechenden Punktes gegenüber dem herausgefundenen Ergebnis als eine wahrscheinliche Position und Durchführung einer Computersimulation, während die Position der Radiowellenquelle sukzessiv angepaßt wird, um die Position der Radiowellenquelle zu ermitteln, unter der Annahme, daß die Radiowellenquelle in der Nähe der wahrscheinlichen Position angeordnet ist.

Mit dem oben beschriebenen Verfahren kann durch Nutzung von Karteninformationen zur Durchführung einer Computersimulation eine Schätzung der Ausbreitungswege einer eintreffenden Radiowelle durchgeführt werden, wobei die Tatsache berücksichtigt wird, daß sich die Radiowelle nicht direkt ausbreiten muß, was auf den Einfluß der geographischen Gegebenheiten oder Objekte auf dem Boden zurückzuführen ist. Des weiteren können durch die Beobachtung der Richtungen der eintreffenden Radiowellen sowie deren Intensitäten für jeden einzelnen Ausbreitungsweg an jeder Meßstation die Antennenrichtfähigkeit, die Übertragungsenergie der Radiowellenquelle und die Reflektions- und/oder Ablenkungspunkte in der Landschaft geschätzt werden. Ferner kann durch Berechnung und Rekonstruktion einer Radiointensitätsverteilung eine Radiowellenenergiekarte erzeugt werden. Um die Komponenten für die einzelnen Ausbreitungswege getrennt voneinander zu beobachten, wird vorzugsweise eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung an den einzelnen Meßstationen durchgeführt, um dann die eintreffenden Richtungen und die Intensitäten aus rekonstruierten Radiowellenbildern zu ermitteln, die über die Radiowellen-Hologrammbeobachtung erhalten werden.

Die Lösung der zweiten Aufgabe der vorliegenden Erfindung erfolgt durch eine Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich zur Überwachung einer Radiowelle von einer Radiowellenquelle in einem Bereich, aufweisend eine Simulationseinrichtung zur Durchführung einer Computersimulation der Radiowellenausbreitung basierend auf Karteninformationen, eine oder mehrere Meßstationen zur Beobachtung von Richtungen eintreffender Radiowellen von der Radiowellenquelle und eine Einrichtung zur Herstellung eines Linienschabildes zur Richtungsfindung, die die Simulationseinrichtung veranlaßt, eine Computersimulation durchzuführen, während eine Position der Radiowellenquelle sukzessiv variiert wird, so daß die an den Meßstationen eintreffenden Richtungen, die durch die Computersimulation ermittelt wurden, die größte Ähnlichkeit mit den an den Meßstationen eintreffenden Richtungen haben, die durch die Beobachtung zur Ermittlung der Position der Radiowellenquelle ermittelt wurden, und zum Zeichnen der Ausbreitungswege der Radiowelle, die durch die Computersimulation der Simulationseinrichtung ermittelt wurden.

Die Lösung einer weiteren Aufgabe der vorliegenden Erfindung erfolgt durch ein Radiowellenaufnahmeverfahren zur Suche einer Radiowellenquelle und zum Anfertigen eines Bildes von der Radiowellenquelle aus der Nachbarschaft der Radiowellenquelle, das die Schritte Messung der Richtungen der eintreffenden Radiowelle von der Radiowellenquelle an einer Vielzahl von Meßstationen, Bestimmen einer Position als Beobachtungspunkt basierend auf den ge-

messenen eintreffenden Richtungen, Bewegen zum Beobachtungspunkt und Durchführen einer Radiowellen-Hologrammbeobachtung am Beobachtungspunkt und Erhalten einer Radiowellenfotografie von der Radiowellenquelle basierend auf der Radiowellen-Hologrammbeobachtung aufweist.

Die Lösung einer weiteren Aufgabe der vorliegenden Erfindung erfolgt durch eine Vorrichtung zum Aufnehmen einer Radiowelle zur Suche einer Radiowellenquelle und zum Anfertigen eines Bildes von der Radiowellenquelle aus der Nachbarschaft der Radiowellenquelle aufweisend eine Vielzahl von Meßstationen mit bekannter Position zur Ermittlung der Radiowelle von der Radiowellenquelle, um die Richtungen der eintreffenden Radiowelle von der Radiowellenquelle zu messen, Beobachtungspunktermittlungsmittel zur Ermittlung einer Position eines Beobachtungspunktes basierend auf den Richtungen der eintreffenden Radiowelle, ein Fahrzeug, das zu dem ermittelten Beobachtungspunkt bewegbar ist und Radiowellen-Hologrammbeobachtungsmittel, die an dem Fahrzeug vorgesehen sind und eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung durchführen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung, die ein Konzept der Radioüberwachung in einem großen Bereich gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht,

Fig. 2 ein Blockbild, das den Aufbau einer in der ersten Ausführungsform benutzten Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich zeigt,

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm, das eine Prozedur zur Durchführung einer Radioüberwachung in einem großen Bereich veranschaulicht, wobei die Vorrichtung aus Fig. 2 benutzt wird,

Fig. 4 eine Darstellung, die ein Beispiel für ein Linienschabild zur Richtungsfindung zeigt,

Fig. 5A bis 5C Diagramme, die ein Beispiel für Amplituden einer Radiowelle für verschiedene Ausbreitungswege durch Messung an den Meßstationen A bis C bzw. dort, wo die Schätzung der Richtfähigkeit einer Übertragungsantenne einer Radiowellenquelle durchgeführt wird, zeigen,

Fig. 6A bis 6C Diagramme, die ein Beispiel für Amplituden einer Radiowelle für verschiedene Ausbreitungswege an den Meßstationen A bis C bzw. dort, wo die Schätzung der Richtfähigkeit einer Übertragungsantenne einer Radiowellenquelle durchgeführt wird, zeigen, wenn eine Simulation unter der Annahme durchgeführt wird, daß die Übertragungsantenne eine Rundstrahlantenne ist,

Fig. 7 ein Diagramm, das die Richtfähigkeit der Übertragungsantenne veranschaulicht, die basierend auf den Ergebnissen von den Fig. 5A bis 5C und 6A bis 6C abgeschätzt ist,

Fig. 8 eine schematische Darstellung, die ein Konzept der Radioüberwachung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht,

Fig. 9 ein Blockbild, das den Aufbau einer in der zweiten Ausführungsform benutzten Vorrichtung zum Aufnehmen einer Radiowelle zeigt und

Fig. 10 ein Ablaufdiagramm, das eine Prozedur zur Durchführung einer Identifizierung einer Radiowellenquelle veranschaulicht, wobei die Vorrichtung aus Fig. 9 benutzt wird.

Eine Darstellung der Radioüberwachung in einem großen Bereich gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird unter Bezugnahme auf Fig. 1 beschrieben. In diesem Fall wird angenommen, daß die Radiowel-

lenquelle 10 eine Radiowelle der Frequenz  $f_1$  aussendet. Um eine Radiouberwachung in einem zu überwachenden Bereich durchführen zu können, sind Meßstationen (Überwachungsstationen) A bis C angeordnet, die über Leitungen 12 mit einer Zentralstation 11 verbunden sind.

Eine Radiowelle von einer Radiowellenquelle 10 breitet sich bis zu den Meßstationen A bis C aus. Jedoch kommen durch den Einfluß eines Berges oder eines anderen Objektes am Boden zusätzlich zu den Komponenten, die sich direkt von der Radiowellenquelle bis zu den Meßstationen ausbreiten (direkte Wellen), Komponenten hinzu, die abgelenkt (abgelenkte Wellen) oder die reflektiert (reflektierte Wellen) werden, während sie sich ausbreiten. In der vorliegenden Ausführungsform führt jede Meßstation A bis C eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung zur Rekonstruktion eines Radiowellenbildes durch, um für jede Station A bis C die Komponenten für verschiedene Ausbreitungswege zu trennen und um die eintreffenden Richtungen sowie deren Intensitäten zu bestimmen. Jedoch kann jede andere Technik zur Richtungsfindung zum Einsatz kommen, ohne auf die Radiowellen-Hologrammbeobachtung zurückgreifen zu müssen, solange die Komponenten der einzelnen Ausbreitungswege voneinander getrennt und getrennt voneinander beobachtet werden können.

Da auch die Radiowelle eine Wellenbewegung ist, kann die Radiowellen-Hologrammbeobachtung ähnlich wie im Fall eines Lichthologramms durchgeführt werden, und ein rekonstruiertes Radiowellenbild erhält man durch Rekonstruktion eines Radiowellenhologramms, und eine Radioquellenverteilung oder Intensität kann über das rekonstruierte Radiowellenbild ermittelt werden.

Die Zentralstation 11 hält mehrere vorhergesagte, rekonstruierte Radiowellenbilder bereit, die wahrscheinlich an den Meßstationen erhalten werden und die im voraus durch eine auf geographischen Daten und Objektdaten basierende Computersimulation erzeugt wurden, und vergleicht rekonstruierte Radiowellenbilder, die gerade an den Meßstationen erfaßt werden, mit den vorhergesagten rekonstruierten Radiowellenbildern, die durch die Simulation ermittelt wurden, um die Position der Radiowellenquelle 10 zu ermitteln und um ein Linienschaubild 13 zur Richtungsfindung und eine Radiowellenenergiekarte 14 zu erzeugen und auszugeben.

Fig. 2 zeigt einen Aufbau einer Vorrichtung zur Radiouberwachung in einem großen Bereich, die zur Durchführung der oben beschriebenen Radiouberwachung in einem großen Bereich geeignet ist. Jede der Meßstationen A bis C weist eine Einrichtung 21 zur Rekonstruktion und Radiowellen-Hologrammbeobachtung auf, die die Radiowellen-Hologrammbeobachtung durchführt und ein rekonstruiertes Radiowellenbild ausgibt. Die Einrichtung 21 zur Rekonstruktion und Radiowellen-Hologrammbeobachtung umfaßt beispielsweise eine feststehende Antenne und eine Scanner-Antenne, die eine Beobachtungsfläche abtastet, und bringt ein Empfangssignal der feststehenden Antenne mit einem anderen Empfangssignal der Scanner-Antenne in einer vorherbestimmten Beobachtungsfrequenz in Übereinstimmung, um komplexe Korrelationswerte für mehrere Punkte auf der Beobachtungsfläche zu ermitteln. Die zweidimensionale Anordnung der komplexen Korrelationswerte ist ein zweidimensionales komplexes Interferogramm. Danach rekonstruiert die Einrichtung 21 zur Rekonstruktion und Radiowellen-Hologrammbeobachtung das zweidimensionale komplexe Interferogramm, um ein rekonstruiertes Radiowellenbild zu erhalten. Als Einrichtung 21 zur Rekonstruktion und Radiowellen-Hologrammbeobachtung kann eine Einrichtung zur Rekonstruktion und Radiowellen-Hologrammbeobachtung, die in der japanischen Offenlegungs-

schrift Nr. 201459/1996 (JP, 08201459, A) oder Nr. 134113/1997 (JP, 09134113, A) des Erfinders der vorliegenden Erfindung offenbart ist, oder einer anderen Einrichtung zur Rekonstruktion und Radiowellen-Hologrammbeobachtung, die in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 65206/1999 (JP, 11065406) offenbart ist, eingesetzt werden.

Obwohl in Fig. 2 drei Meßstationen A bis C vorgesehen sind, ist die Anzahl der Meßstationen macht auf drei beschränkt. Die Anzahl der Meßstationen kann eine oder zwei oder vier oder mehr als vier betragen.

Die Zentralstation 11 umfaßt eine Simulationseinrichtung 23 zum Simulieren der Radiowellenausbreitung oder eines rekonstruierten Radiowellenbildes durch einen Computer, eine Datenbank 26 zur Speicherung eines Ergebnisses einer im voraus durchgeführten Simulation, eine Vergleichseinrichtung 27 zum Vergleichen der rekonstruierten Radiowellenbilder, die durch die Meßstationen A bis C beobachtet wurden, mit den rekonstruierten Radiowellenbildern, die durch die Simulation ermittelt wurden, eine Einrichtung 28 zur Herstellung eines Linienschaubildes zur Richtungsfindung zur Bestimmung der Richtung einer Radiowellenquelle sowie zur Erzeugung und Ausgabe eines Linienschaubildes zur Richtungsfindung und eine Erzeugungseinrichtung 29 für eine Radiowellenenergiekarte zur Erzeugung und Ausgabe einer Radiowellenenergiekarte. Die Simulationseinrichtung 23 umfaßt einen Karteninformationsspeicher 24, in dem Karteninformationen gespeichert sind, d. h., Informationen bezüglich einer Landkarte, der geographischen Gegebenheiten und der Objekte am Boden, und einen Radiowellenausbreitungssimulator 25, der auf die Karteninformationen zugreift, um eine Simulation der Radiowellenausbreitung unter der Annahme durchzuführen, daß eine Radiowellenquelle an einem bestimmten Punkt auf der Karte vorhanden ist.

Aufgrund der in den letzten Jahren erzielten Fortschritte bezüglich geographischer Informationssysteme ist es einfach, die benötigten Karteninformationen für den Radiowellenausbreitungssimulator 25 zu erhalten. Der Radiowellenausbreitungssimulator 25 setzt sich aus einem Computer zusammen und benutzt beispielsweise ein Strahlen-Aufzeichnungs-Verfahren (IEEE Network Magazine, pp. 27-30, November, 1991) oder ein Momentverfahren (R. F. Harrington, "Field Computation by Moment Methods", IEEE Press, 1993), um eine Feldintensitätsverteilung zu berechnen, die auftritt, wenn eine Übertragungsstation (Radiowellenquelle) mit einer beliebigen Richtfähigkeit an einem Punkt auf der Karte vorhanden ist, und um die eintreffenden Richtungen und Intensitäten einer Radiowelle an den Positionen der Meßstationen zu bestimmen, um ein rekonstruiertes Radiowellenbild zu simulieren.

Die Simulationsergebnisse, die im voraus in der Datenbank 26 gespeichert werden, sind Ergebnisse einer Simulation, bei der das überwachte Gebiet gerastert, d. h., in mehrere Felder aufgeteilt ist, beispielsweise in Intervallen von 300 m, und rekonstruierte Radiowellenbilder, die erwartungsgemäß an den Meßstationen A bis C beobachtet werden, wobei eine Übertragungsstation mit einer Rundstrahlantenne in einem Feldpunkt der Felder angeordnet ist, für die einzelnen Feldpunkte durch die Simulationseinrichtung 23 bestimmt werden.

Die Vergleichseinrichtung 27 vergleicht die durch die Simulation erhaltenen, rekonstruierten Radiowellenbilder, die in der Datenbank 26 gespeichert sind, mit den durch die Radiowellenbilder, rekonstruierten Radiowellenbildern, um aus den rekonstruierten Radiowellenbildern in der Datenbank 26 das Bild zu finden, das die größte Ähnlichkeit mit den durch die Beobachtung ermittelten, rekonstruierten Radiowellenbildern hat, und bestimmt die Position eines Feld-

punktes, der mit dem durch die Simulation herausgefundenen, rekonstruierten Radiowellenbild übereinstimmt. Für den Vergleich kann eine einfache Technik des Mustervergleichs eingesetzt werden, und wenn beispielsweise das maximale Niveau der Radiowelle in dem rekonstruierten Radiowellenbild 0 dB beträgt, dann benutzt die Vergleichseinrichtung 27 eine Technik des Vergleichens der Muster von solchen Teilen, deren Radiowellenniveau größer als -40 dB ist, um einen Korrelationskoeffizienten in graphischer Form zu bestimmen. Zu diesem Zeitpunkt wird den Richtungen der eintreffenden Radiowellen die größte Aufmerksamkeit geschenkt, um ein rekonstruiertes Radiowellenbild mit großer Ähnlichkeit zu finden, da die Antennenrichtfähigkeit nicht bekannt ist.

Die Einrichtung 28 zur Herstellung eines Linienschaubildes zur Richtungsfindung nimmt an, daß eine Übertragungsstation (oder Radiowellenquelle) in der Nähe des durch die Prozedur der Vergleichseinrichtung 27 gefundenen Feldpunktes angeordnet ist, veranlaßt die Simulationseinrichtung 23, eine Computersimulation einer Radiowellenausbreitung durchzuführen, wobei eine feine Verschiebung der Position durchgeführt wird, und vergleicht die rekonstruierten Radiowellenbilder gemäß den Ergebnissen der Beobachtung mit den durch die Simulation erhaltenen rekonstruierten Radiowellenbildern, bei der eine feine Verschiebung der Position durchgeführt wurde, um eine Position der Radiowellenquelle zu bestimmen, die eine größere Ähnlichkeit aufweist. Dann zeichnet die Einrichtung 28 zur Herstellung eines Linienschaubildes zur Richtungsfindung Ausbreitungswege der Radiowellen von der somit bestimmten Position der Radiowellenquelle zu den Meßstationen A bis C auf, um ein Linienschaubild zur Richtungsfindung zu erzeugen und auszugeben, und schätzt dann die Antennenrichtfähigkeit an der Radiowellenquelle basierend auf einem Ergebnis des Linienzeichnens. Das Linienschaubild zur Richtungsfindung und die Schätzung der Antennenrichtfähigkeit wird im folgenden beschrieben.

Die Erzeugungseinrichtung 29 für eine Radiowellenenergiekarte veranlaßt die Simulationseinrichtung 23, eine Computersimulation einer Radiowellenausbreitung basierend auf der Position der Radiowellenquelle und dem Ergebnis der Schätzung der Antennenrichtfähigkeit der Radiowellenquelle durchzuführen, die von der Einrichtung 28 zur Herstellung eines Linienschaubildes zur Richtungsfindung ermittelt wurde, berechnet eine Feldintensitätsverteilung der Radiowelle von der Radiowellenquelle auf der Karte und zeigt die Feldintensitätsverteilung an und/oder druckt diese als Radiowellenenergiekarte aus, die der Radiowellenquelle entspricht. Zum Anzeigen der Radiowellenenergiekarte können die Farben in Abhängigkeit von der Feldintensität geändert, Niveaulinien benutzt oder Kombinationen aus den vorgenannten Verfahren eingesetzt werden, wobei auch andere Verfahren möglich sind.

Die Funktionsweise der Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform ist in dem Ablaufdiagramm in Fig. 3 zusammengefaßt. Hierbei wird angenommen, daß die Ergebnisse jeder Computersimulation, die unter der Annahme durchgeführt wurden, daß eine Radiowellenquelle auf einem Kreuzungspunkt auf der Karte vorhanden ist, im voraus in der Datenbank 26 gespeichert wurden.

Im ersten Schritt 101 wird eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung an den Meßstationen A bis C durchgeführt, um ein rekonstruiertes Radiowellenbild zu erhalten. Im zweiten Schritt 102 sucht die Vergleichseinrichtung 27 innerhalb der rekonstruierten Radiowellenbilder gemäß der Simulation in der Datenbank 26 das rekonstruierte Radiowellenbild, das die größte Ähnlichkeit mit den durch die Beobachtung er-

mittelten, rekonstruierten Radiowellenbildern hat, und bestimmt die Position eines Feldpunktes als wahrscheinliche Position der Radiowellenquelle. Danach geht die Kontrolle an die Einrichtung 28 zur Herstellung eines Linienschaubildes zur Richtungsfindung über, und in Schritt 103 führt diese eine Computersimulation durch, während die Position der Radiowellenquelle um den Feldpunkt der wahrscheinlichen Position sukzessiv und leicht verschoben wird, um letztlich die Position der Radiowellenquelle zu bestimmen.

Die Einrichtung 28 zur Herstellung eines Linienschaubildes zur Richtungsfindung führt des weiteren ein Zeichnen der Ausbreitungswege der Radiowellen basierend auf der somit bestimmten Position der Radiowellenquelle in Schritt 104 durch, und schätzt die Richtfähigkeit der Übertragungsantenne der Radiowellenquelle in Schritt 105. Abschließend geht die Kontrolle auf die Erzeugungseinrichtung 29 für eine Radiowellenenergiekarte über, die eine Feldintensitätsverteilung auf der Karte ermittelt, um eine Radiowellenenergiekarte zu erzeugen und um diese in Schritt 106 auszugeben.

Da die oben beschriebene Prozedur nicht nur bei einzelnen Radiowellenquellen, sondern auch bei einer Vielzahl von Radiowellenquellen benutzt werden kann, können mit dem hier beschriebenen Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich ein Überlappungsbereich oder eine Interferenzsituation jeder der Vielzahl von Radiowellenquellen (Übertragungsstationen) auf der Karte abgebildet werden.

Im folgenden wird ein Linienschaubild zur Richtungsfindung beschrieben. Fig. 4 zeigt ein Beispiel für ein Linienschaubild zur Richtungsfindung.

In dem gezeigten Linienschaubild 13 zur Richtungsfindung ist eine Radiowellenquelle (d. h., angenommene Übertragungsstation) an einem Punkt Q angeordnet und die Ausbreitungswege einer von der Radiowellenquelle ausgesandten Radiowelle sind mit Pfeilsymbolen dargestellt. In Fig. 4 kennzeichnen die dreieckigen Markierungen und die Höhenlinien einen Berg und die Schraffurlinien kennzeichnen ein Objekt am Boden. Aus dem gezeigten Linienschaubild 13 zur Richtungsfindung geht hervor, daß sich die Radiowelle von der Radiowellenquelle als direkte Welle (P1) und eine von einem Berg reflektierte Welle (P2) zur Meßstation A als eine direkte Welle (P5) und eine von einem Objekt auf dem Boden reflektierte Welle (P6) zur Meßstation B und als eine von einem Berg abgelenkte Welle (P3) und eine von einem Objekt auf dem Boden reflektierte Welle (P4) zur Meßstation C ausbreitet. Obwohl hier ein zweidimensionales Linienschaubild zur Richtungsfindung beschrieben ist, so kann alternativ ein dreidimensionales Zeichnen der Ausbreitungswege der Radiowellen sowie eine Anzeige und/oder Ausgabe erfolgen.

Im folgenden wird die Schätzung der Richtfähigkeit einer Übertragungsantenne einer Radiowellenquelle unter Bezugnahme auf die Fig. 5A, 5B, 5C, 6A, 6B, 6C und 7 beschrieben.

Bei den rekonstruierten Radiowellenbildern, die von den Meßstationen A bis C beobachtet wurden, werden die Richtung der eintreffenden Radiowelle und deren Intensität für jeden Ausbreitungsweg getrennt dargestellt. Die Fig. 5A bis 5C veranschaulichen die Amplituden der Radiowelle, die an den Meßstationen A bis C beobachtet wurden. Die Richtung jedes dicken Pfeilsymbols zeigt die Richtung der eintreffenden Radiowelle mit dem jeweiligen Ausbreitungsweg; an, und die Länge des Pfeilsymbolen steht für die Amplitude der Radiowelle. In dem gezeigten Beispiel haben die einzelnen Ausbreitungswege die Amplituden  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $c_1$ ,  $c_2$ . Auf der anderen Seite führt die Simulationseinrichtung 23 eine Simulation der Radiowellenausbreitung unter der Annahme

durch, daß eine rundstrahlende Übertragungsantenne an der bereits bestimmten Position der Radiowellenquelle ist und die Radiowelle von der Übertragungsantenne ausgesandt wird, um die Amplituden der Radiowelle an den Meßstationen A bis C für die einzelnen Ausbreitungswege zu bestimmen. Die Fig. 6A bis 6C zeigen die durch die Simulation ermittelten Amplituden der Radiowelle an den Meßstationen A bis C, und die einzelnen Ausbreitungswege haben die Amplituden  $a_1'$ ,  $a_2'$ ,  $b_1'$ ,  $b_2'$ ,  $c_1'$ ,  $c_2'$ . Dann kann durch Dividieren der durch die Beobachtung ermittelten Amplituden durch die Amplituden, die durch die Simulation bestimmt wurden, für jeden Ausbreitungsweg P1, P2, P3, P4, P5, P6 die Richtfähigkeit der Übertragungsantenne in den Richtungen der Ausbreitungswege an der Position der Radiowellenquelle bestimmt werden. In Fig. 7 deutet ein schwarzer Punkt die Richtfähigkeit der Antenne in der Richtung eines jeden Ausbreitungsweges an. Dann kann eine Richtfähigkeits-Charakteristik in einer beliebigen Richtung berechnet werden, indem eine Interpolationsrechnung durchgeführt wird, wobei der vermutete Typ der Antenne usw. in der Berechnung berücksichtigt wird. Eine in Fig. 7 dargestellte gestrichelte Linie deutet eine Richtfähigkeits-Charakteristik an, die in diesem Sinne berechnet wurde.

Bei der oben beschriebenen Schätzung der Richtfähigkeit der Übertragungsantenne muß keine Rundstrahlantenne für die Simulation angenommen werden, sondern es kann alternativ eine Dipolantenne angenommen werden, und die Richtfähigkeit der Übertragungsantenne kann als eine Verschiebung von der angenommenen Richtfähigkeit von einem Verhältnis zwischen einer beobachteten Amplitude und einer Amplitude, die durch die Simulation ermittelt wurde, geschätzt werden. Obwohl in dem oben unter Bezugnahme auf die Fig. 5A, 5B, 5C, 6A, 6B, 6C und 7 beschriebenen Beispiel die Richtungen der eintreffenden Radiowellen sowie deren Richtfähigkeit in einer Ebene oder zweidimensional behandelt wurden, kann die dreidimensionale Richtfähigkeit geschätzt werden, indem die Richtungen der eintreffenden Radiowelle dreidimensional behandelt werden.

Mit dem Verfahren der vorliegenden Ausführungsform kann die Position der Radiowellenquelle genau bestimmt werden, da die Richtungen der eintreffenden Radiowelle für die einzelnen Ausbreitungswege getrennt voneinander an den Meßstationen beobachtet und die Ergebnisse der Beobachtung mit den Ergebnissen einer Computersimulation der Radiowellenausbreitung kombiniert werden, wobei die geographischen Gegebenheiten oder Objekte auf dem Boden berücksichtigt werden, da die Annahme einer direkten Ausbreitung nicht vernünftig ist oder Ablenkung und/oder Reflexion beteiligt sind. Des weiteren können die Ausbreitungswege der Radiowelle von der Radiowellenquelle zu den Meßstationen durch die Benutzung einer Computersimulation gezeichnet werden, und die Richtfähigkeit der Übertragungsantenne der Radiowellenquelle kann geschätzt werden. Ferner kann aus diesen eine Feldintensitätsverteilung der Radiowelle von der Radiowellenquelle geschätzt werden, und die benutzte Umgebung einer Radiowelle kann angemessen überwacht werden.

Im folgenden wird eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Bei dieser wird ein Verfahren beschrieben, bei dem nach der Ermittlung der Position einer Radiowellenquelle ein Beobachtungspunkt an oder in der Nähe der Position der Radiowellenquelle gesetzt wird, wonach ein Fahrzeug zur Radiowellenüberwachung zum Beobachtungspunkt fährt, um die Radiowellenquelle zu identifizieren. Die Position der Radiowellenquelle kann durch das Verfahren spezifiziert werden, das oben in Verbindung mit der ersten Ausführungsform beschrieben wurde. In der vorliegenden Ausführungsform kann der Beobachtungspunkt jedoch alternativ durch ein anderes Verfahren gesetzt werden, da es nicht notwendig ist, daß sich der Beobachtungspunkt genau mit der Position der Radiowellenquelle deckt. Das andere Verfahren wird hiernach beschrieben.

Eine Darstellung der hier beschriebenen Radioüberwachung wird unter Bezugnahme auf Fig. 8 beschrieben. Es wird angenommen, daß die unlicenzierte Radiostation 30 eine Radiowellenquelle in einem Zimmer eines hohen oder halbhohen Gebäudes ist, und eine Identifizierung dieser unlicenzierten Radiostation 30 sowie eine Schätzung der Übertragungsenergie wird durchgeführt.

Um eine Radioüberwachung in einem Überwachungsgebiet durchzuführen, wodurch eine ungefähre Position der Radiowellenquelle (unlicenzierte Radiostation 30) bestimmt werden soll, werden eine Vielzahl von Meßstationen an bekannten Punkten angeordnet. Im vorliegenden Beispiel sind drei Meßstationen A bis C angeordnet. Jede der Meßstationen A bis C bestimmt die Richtungen der eintreffenden Radiowelle von der unlicenzierten Radiostation 30 durch eine Yagi-Uda-Antenne oder ein Goniometer. Die Meßstationen A bis C sind über Leitungen 32 mit einer Zentralstation 31 verbunden, und die Zentralstation 31 sammelt Daten bezüglich der Richtungen der an den Meßstationen A bis C eintreffenden Radiowellen, um eine ungefähre Position der unlicenzierten Radiostation 30 zu ermitteln, und bestimmt die Position eines Beobachtungspunktes, der zur Identifizierung der unlicenzierten Radiostation 30 benutzt wird. Die Position des Beobachtungspunktes wird z. B. unter der Annahme, daß sich die gezeichneten eintreffenden Richtungen an den Meßstationen A bis C nicht in einem Punkt sondern an drei Punkten kreuzen, an eine Position gesetzt, von der die Region eines dreieckigen, d. h., durch die drei Punkte definierten, Bereiches überblickt werden kann. In Fig. 8 ist der dreieckige Bereich, der die Reichweite der Suche veranschaulicht, als eine schräg schraffierte Region in der Karte 34 dargestellt. Es kann auch angenommen werden, daß sich die eintreffenden Richtungen im wesentlichen in einem einzelnen Punkt kreuzen, woraufhin der Beobachtungspunkt an eine Stelle gesetzt wird, von der der Kreuzungspunkt überblickt werden kann. Andererseits kann der Beobachtungspunkt an oder in der Nähe der Position der Radiowellenquelle gesetzt werden, wenn die Position der Radiowellenquelle basierend auf dem Verfahren der ersten Ausführungsform bestimmt wurde. In der vorliegenden Ausführungsform ist der Beobachtungspunkt vorzugsweise an einem Punkt auf einer Straße oder einem für das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung ähnlich gut zu erreichenden Punkt gesetzt, da die Voraussetzung erfüllt sein muß, daß das Fahrzeug zur Radiowellenüberwachung den Ort überhaupt erreichen kann, um eine Radiowellenfotografie zu erhalten.

Die Zentralstation 31 übermittelt die Instruktion an das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung, daß es zu dem Beobachtungspunkt fahren soll. Daraufhin fährt das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung zu dem Beobachtungspunkt, führt eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung durch, um ein rekonstruiertes Radiowellenbild zu erhalten, und gibt dieses als Radiowellenfotografie 35 aus.

Da – wie bereits oben beschrieben – auch die Radiowelle eine Wellenbewegung ist, kann die Radiowellen-Hologrammbeobachtung ähnlich wie im Fall eines Lichthologramms durchgeführt werden, und ein rekonstruiertes Radiowellenbild erhält man durch Rekonstruktion eines Radiowellenhologramms, und eine Radioquellenverteilung oder Intensität kann über das rekonstruierte Radiowellenbild ermittelt werden. In der vorliegenden Ausführungsform kann eine genaue Position und/oder Intensität der Radiowellenquelle bestimmt werden, weil ein rekonstruiertes Radiowellenbild eines Bereiches, in dem sich ein Radiowellenquelle



wie z. B. eine unlicenzierte Radiostation befindet, als Radiowellenfotografie erhalten wird.

In dem gezeigten Beispiel werden von dem Fahrzeug 33 zur Radiowellenüberwachung nicht nur direkte Radiowellen von der unlicenzierten Radiostation 30 beobachtet, sondern auch reflektierte Wellen REF, die von Wänden eines Gebäudes aus der Nachbarschaft reflektiert werden, und abgelenkte Wellen DIFF, die von einem Baum auf der Straße abgelenkt werden. Hier wird eine Radiowellenfotografie als ein Radiowellenbild erhalten, das mit einem optische Bild des Hintergrunds überlagert. In dieser Radiowellenfotografie ist die unlicenzierte Radiostation in einem Raum des Gebäudes durch einen hellen Fleck gekennzeichnet, der die primäre Quelle der Radiowelle repräsentiert, während die abgelenkten Wellen DIFF und die reflektierten Wellen REF, die empfangen werden, entsprechend durch einen sehr hellen Fleck gekennzeichnet sind, wobei es sich um eine Abbildung einer sekundären Quelle über mehrere Wege handelt. In Fig. 8 ist die Richtung der offensichtlich eintreffenden abgelenkten Welle DIFF oder der reflektierten Welle REF durch einen schwarzen runden Kreis auf einer Wand eines Gebäudes oder auf einem Baum gekennzeichnet. In der dargestellten Radiowellenfotografie ist die Position der unlicenzierten Radiostation genau spezifiziert.

Im folgenden wird eine Vorrichtung zum Aufnehmen einer Radiowelle, die vorzugsweise eingesetzt wird, um eine Radioüberwachung durchzuführen, in der eine oben beschriebene Radiowellenfotografie benutzt wird, unter Bezugnahme auf Fig. 9 beschrieben.

Wie bereits oben beschrieben setzt sich die Vorrichtung zum Aufnehmen einer Radiowelle im wesentlichen aus einer Zentralstation 31, einer Vielzahl von Meßstationen A bis C, die mit der Zentralstation 31 über Leitungen 32 verbunden sind, und einem Fahrzeug 33 zur Radiowellenüberwachung zusammen. Jede der Meßstationen A bis C weist eine Einrichtung 41 zur Richtungsfindung auf, die die Richtungen eintreffender Radiowellen von einer Radiowellenquelle eines überwachten Objektes durch eine Yagi-Uda-Antenne oder ein Goniometer bestimmt und die ermittelte Einfallsrichtung als Richtungsfindungsdaten ausgibt. Die Zentralstation 31 weist eine Beobachtungspunktermittlungseinrichtung 43, die die Position des Beobachtungspunktes basierend auf den Richtungsfindungsdaten der Meßstationen A bis C bestimmt, und einen Anweisungssender 44 auf, der die Anweisungen bezüglich des bestimmten Beobachtungspunktes über Funk an das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung übermittelt. Das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung weist einen Anweisungsempfänger 45 zum Empfangen der Anweisungen der Zentralstation 31 und eine Einrichtung 46 zur Radiowellenüberwachung, die eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung zur Rekonstruktion eines Hologrammbildes durchführt und das rekonstruierte Hologrammbild als eine Radiowellenfotografie ausgibt. Als Einrichtung 46 zur Radiowellenüberwachung kann eine ähnliche Einrichtung wie die Einrichtung zur Rekonstruktion und Radiowellen-Hologrammbeobachtung aus der ersten Ausführungsform eingesetzt werden, aber auch eine Einrichtung, die ein zylindrisches Abtastverfahren oder ein beliebig gekrümmtes Abtastverfahren benutzt, ist möglich.

Im folgenden wird ein Verfahren zur Identifizierung der Radiowellenquelle in der vorliegenden Ausführungsform unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm von Fig. 10 beschrieben. Im ersten Schritt 111 beobachten alle Meßstationen A bis C die Richtungen der eintreffenden Radiowelle. Im zweiten Schritt 112 bestimmt die Beobachtungspunktermittlungseinrichtung 43 die Position eines Beobachtungspunktes basierend auf den Daten der Richtungen der eintreffenden Radiowelle. In Schritt 113 übermittelt der Anwei-

ungssender 44 die Anweisungen bezüglich des Beobachtungspunktes über Funk an das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung, und in Schritt 114 fährt das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung zu dem bestimmten Beobachtungspunkt. In Schritt 115 führt das Fahrzeug 33 zur Radioüberwachung eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung an dem bestimmten Beobachtungspunkt durch, um eine Radiowellenfotografie zu erhalten. In Schritt 116 wird die Übertragungsenergie der Radiowellenquelle in einer Weise geschätzt, die im folgenden beschrieben wird.

Die Intensität oder Helligkeit eines Radiowellenbildes auf einer Radiowellenfotografie steigt in Abhängigkeit von der Feldstärke E an einem Beobachtungspunkt einer Radiowelle, die von jedweder Radiowellenquelle ausgesandt wird. Demzufolge kann anhand der Intensität E des Radiowellenbildes und der Entfernung r zwischen einem Gebäude o. ä. entsprechend dem Radiowellenbild und dem Beobachtungspunkt die Übertragungsenergie W von jeder Radiowellenquelle zu

$$W \approx k(E \cdot r)^2 \quad (1)$$

geschätzt werden, wobei k eine Konstante ist.

Durch das oben beschriebene Verfahren kann eine Radiowellenquelle genau identifiziert und ein objektiver Beweis für die Ausstrahlung einer Radiowelle erbracht werden.

Obwohl die zweite Ausführungsform oben beschrieben ist, kann diese weiter modifiziert werden. Zum Beispiel müssen die eintreffenden Richtungsfindungsdaten, die von den Meßstationen empfangen werden, nicht an die Zentralstation weitergeleitet werden, sondern können direkt zu dem Fahrzeug zur Radiowellenüberwachung gesandt werden, so daß der Beobachtungspunkt von dem Fahrzeug zur Radiowellenüberwachung selbst bestimmt wird. Des weiteren müssen die Meßstationen, obwohl deren Positionen bekannt sein müssen, nicht als feststehende Meßstationen ausgebildet sein. Wenn die Positionsdaten der Meßstationen und die eintreffenden Richtungsfindungsdaten erhalten wurden, können die Meßstationen beweglich sein. In diesem besonderen Fall kann das Fahrzeug zur Radioüberwachung selbst als Meßstation ausgebildet sein.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich zur Überwachung einer Radiowelle von einer Radiowellenquelle in einem Bereich mit den Schritten: Aufstellen einer oder mehrerer Meßstationen, Berechnung der Richtungen der bei jeder Meßstation eintreffenden Radiowelle für jeden einer Vielzahl von Punkten in dem Bereich durch eine Computersimulation, die die Karteninformationen berücksichtigt, unter der Annahme, daß eine Radiowellenquelle an dem Punkt vorhanden ist, getrenntes Beobachten der Richtungen der bei jeder Meßstation eintreffenden Radiowelle von der Radiowellenquelle für einzelne Ausbreitungswege, Vergleichen der beobachteten Richtungen der Radiowelle mit den Ergebnissen der Computersimulation, um aus den Ergebnissen der Computersimulation das Ergebnis herauszufinden, dessen Einfallsrichtungen die größte Ähnlichkeit mit den beobachteten Richtungen der eintreffenden Radiowelle haben, und Unterscheidung eines entsprechenden Punktes gegenüber dem herausgefundenen Ergebnis als eine wahrscheinliche Position, und Durchführung einer Computersimulation, wobei eine

Position der Radiowellenquelle sukzessiv angepaßt wird, um die Position der Radiowellenquelle zu ermitteln, unter der Annahme, daß die Radiowellenquelle in der Nähe der wahrscheinlichen Position angeordnet ist.

2. Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 1, das ferner einen Schritt des Durchführens einer Simulation der Radiowellenausbreitung aufweist, wobei die Radiowellenquelle an der bestimmten Position angeordnet ist, um ein Zeichnen der Ausbreitungswege durchzuführen.

3. Ein Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 2, bei dem zusammen mit den Richtungen der eintreffenden Radiowellen auch die Intensität der Radiowelle für jede Einfallsrichtung an jeder Meßstation überwacht wird, und das ferner einen Schritt aufweist, in dem nach dem Zeichnen der Ausbreitungswege die beobachteten Amplituden der einzelnen Ausbreitungswege an den Meßstationen und die Amplituden, die durch die Computersimulation für die einzelnen Ausbreitungswege an den Meßstationen bestimmt wurden, miteinander verglichen werden, um eine Richtfähigkeit der Antenne der Radiowellenquelle zu ermitteln.

4. Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 3, bei dem die ermittelte Richtfähigkeit der Antenne und die beobachteten Amplituden der einzelnen Ausbreitungswege an den Meßstationen benutzt werden, um eine Feldintensitätsverteilung der Radiowelle von der Radiowellenquelle in einem vorherbestimmten Bereich zu berechnen.

5. Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 1, bei dem die Richtungen der eintreffenden Radiowellen durch Radiowellen-Hologrammbeobachtung an den Meßstationen ermittelt werden.

6. Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 1, das des weiteren folgende Schritte aufweist:

Festlegen eines Beobachtungspunktes in der ermittelten Position oder um die ermittelte Position;

Bewegung zum Beobachtungspunkt und Durchführen einer Radiowellen-Hologrammbeobachtung am Beobachtungspunkt; und

Erhalten einer Fotografie der Radiowellenquelle basierend auf der Radiowellen-Hologrammbeobachtung.

7. Verfahren zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 2, bei dem die Richtungen der eintreffenden Radiowelle durch Radiowellen-Hologrammbeobachtung an den Meßstationen ermittelt werden.

8. Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich zur Überwachung einer Radiowelle von einer Radiowellenquelle in einem Bereich, aufweisend: eine Simulationseinrichtung (23) zur Durchführung einer Computersimulation der Radiowellenausbreitung basierend auf Karteninformationen; eine oder mehrere Meßstationen (A, B, C) zur Beobachtung von Richtungen eintreffender Radiowellen von der Radiowellenquelle; und

Einrichtung (28) zur Herstellung eines Linienschaubildes (13) zur Richtungsfindung, die die Simulationseinrichtung (23) veranlaßt, eine Computersimulation durchzuführen, während eine Position der Radiowellenquelle sukzessiv variiert, so daß die an den Meßstationen (A, B, C) eintreffenden Richtungen, die durch die Computersimulation ermittelt wurden, die größte Ähnlichkeit mit den an den Meßstationen (A, B, C) eintreffenden Richtungen haben, die durch die Beobach-

tung zur Ermittlung der Position der Radiowellenquelle ermittelt wurden, und zum Zeichnen der Ausbreitungswege der Radiowelle, die durch die Computersimulation der Simulationseinrichtung (23) ermittelt wurden.

9. Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 8, weiterhin aufweisend: eine Datenbank (26), in der für jeden einer Vielzahl von Punkten in dem Bereich die Ergebnisse einer Computersimulation, die von der Simulationseinrichtung (23) durchgeführt wurde, um die Richtungen der eintreffenden Radiowelle an den Meßstationen (A, B, C) zu simulieren, unter der Annahme, daß eine Radiowellenquelle an dem Punkt vorhanden ist, gespeichert sind; und

Vergleichsmittel (27), um aus den Ergebnissen in der Datenbank (26) das Ergebnis herauszufinden, dessen Einfallsrichtungen die größte Ähnlichkeit mit den beobachteten Richtungen der eintreffenden Radiowellen haben, und zur Ermittlung eines entsprechenden Punktes gegenüber dem herausgefundenen Ergebnis als eine wahrscheinliche Position, wobei die Einrichtung (28) zur Herstellung eines Linienschaubildes (13) zur Richtungsfindung die Position der Radiowellenquelle um die die wahrscheinliche Position variiert.

10. Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 8, in der jede der Meßstationen (A, B, C) auch die Intensität der Radiowelle für jede der eintreffenden Richtungen überwacht, und in der die Einrichtung (28) zur Herstellung eines Linienschaubildes (13) die beobachteten Amplituden der einzelnen Ausbreitungswege an den Meßstationen (A, B, C) und die Amplituden, die durch die Computersimulation für die einzelnen Ausbreitungswege an den Meßstationen (A, B, C) bestimmt wurden, miteinander vergleicht, um eine Richtfähigkeit der Antenne der Radiowellenquelle zu ermitteln.

11. Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 10, die ferner eine Einrichtung (29) zur Herstellung einer Radiowellenenergiekarte (14) aufweist, die unter Nutzung der ermittelten Richtfähigkeit der Antenne eine Feldintensitätsverteilung der Radiowelle von der Radiowellenquelle in einem vorherbestimmten Bereich errechnet, und die die errechnete Feldintensitätsverteilung als Radiowellenenergiekarte (14) ausgibt.

12. Vorrichtung zur Radioüberwachung in einem großen Bereich nach Anspruch 8 oder 9, bei der die Richtungen der eintreffenden Radiowelle durch Radiowellen-Hologrammbeobachtung an jeder Meßstation (A, B, C) ermittelt werden.

13. Radiowellenaufnahmeverfahren zur Suche einer Radiowellenquelle und zum Anfertigen eines Bildes von der Radiowellenquelle aus der Nachbarschaft der Radiowellenquelle, folgende Schritte aufweisend:

Messung der Richtungen der eintreffenden Radiowelle von der Radiowellenquelle an einer Vielzahl von Meßstationen,

Bestimmen einer Position als Beobachtungspunkt basierend auf den gemessenen eintreffenden Richtungen; Bewegen zum Beobachtungspunkt und Durchführen einer Radiowellen-Hologrammbeobachtung am Beobachtungspunkt; und

Erhalten einer Radiowellenfotografie von der Radiowellenquelle basierend auf der Radiowellen-Hologrammbeobachtung.

14. Radiowellenaufnahmeverfahren nach Anspruch 13, bei dem die Schätzung der Übertragungsleistung



der Radiowellenquelle zusammen mit dem Erhalten der Radiowellenfotografie von der Radiowellenquelle durchgeführt wird.

15. Radiowellenaufnahmeverfahren nach Anspruch 13, bei dem die Radiowellenfotografie angezeigt wird, wobei diese eine optische Fotografie überlagert, die am Beobachtungspunkt erstellt wurde.

16. Vorrichtung zum Aufnehmen einer Radiowelle zur Suche einer Radiowellenquelle und zum Anfertigen eines Bildes von der Radiowellenquelle aus der Nachbarschaft der Radiowellenquelle aufweisend:

eine Vielzahl von Meßstationen (A, B, C) mit bekannter Position zur Ermittlung der Radiowelle von der Radiowellenquelle, um die Richtungen der eintreffenden Radiowelle von der Radiowellenquelle zu messen;

Beobachtungspunktermittlungsmittel (43) zur Ermittlung einer Position eines Beobachtungspunktes basierend auf den Richtungen der eintreffenden Radiowelle; ein Fahrzeug (33), das zu dem ermittelten Beobachtungspunkt bewegbar ist und

Radiowellen-Hologrammbeobachtungsmittel (46), die an dem Fahrzeug (33) vorgesehen sind und eine Radiowellen-Hologrammbeobachtung durchführen.

17. Vorrichtung zum Aufnehmen einer Radiowelle nach Anspruch 16, weiterhin aufweisend eine Zentralstation (31), die mit den Meßstationen (A, B, C) über Leitungen (32) in Verbindung steht und die Beobachtungspunktermittlungsmittel (43) enthält, wobei die Zentralstation (31) einen Anweisungssender (44) zum Senden einer Anweisung bzgl. des Beobachtungspunktes an das Fahrzeug (33) und das Fahrzeug (33) einen Anweisungsempfänger (45) zum Empfangen der Anweisung aufweist.

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

# ENDEBLATT

**DRUCKAUFTRAGS-ID: 1710**

Benutzer: kajakob  
Drucker: gdHO7205  
Job Beginn: 25.10.2004 14:17  
Job Ende: 25.10.2004 14:17

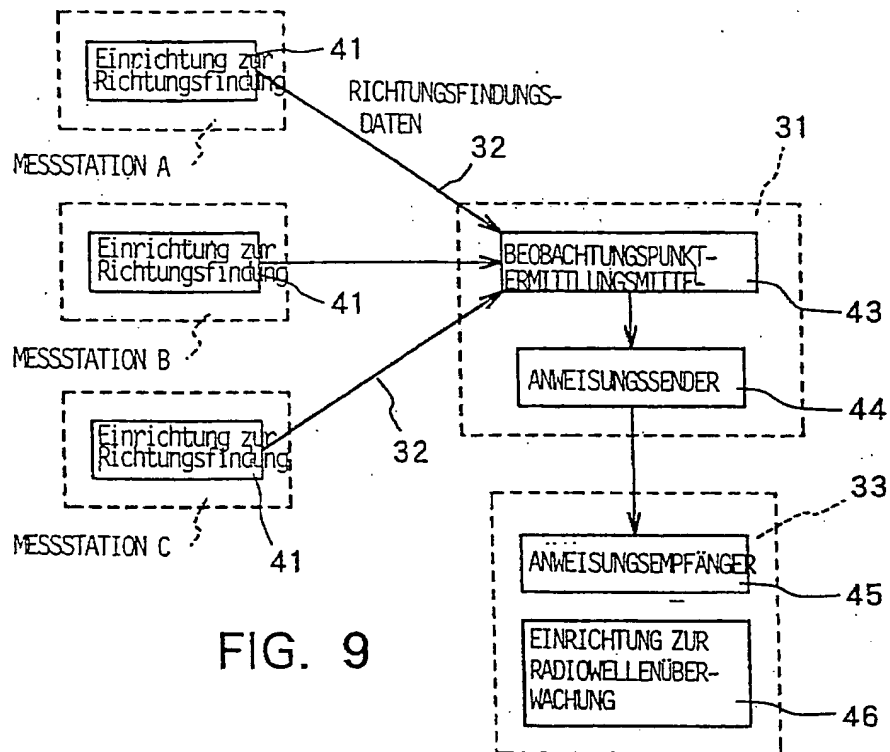


FIG. 9

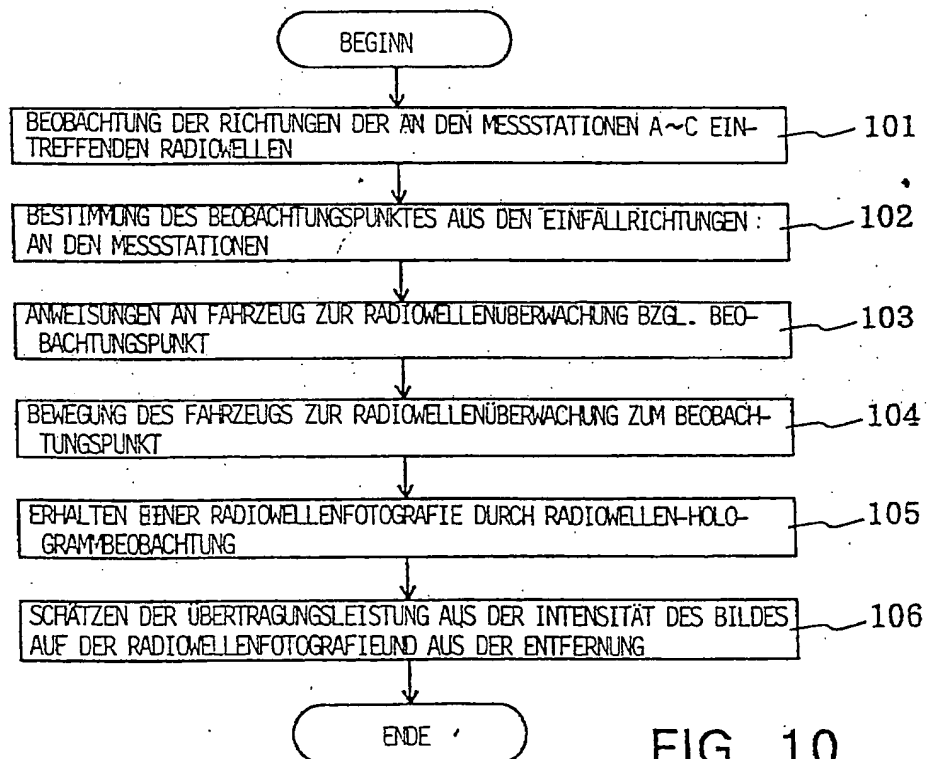


FIG. 10

8  
G.  
F

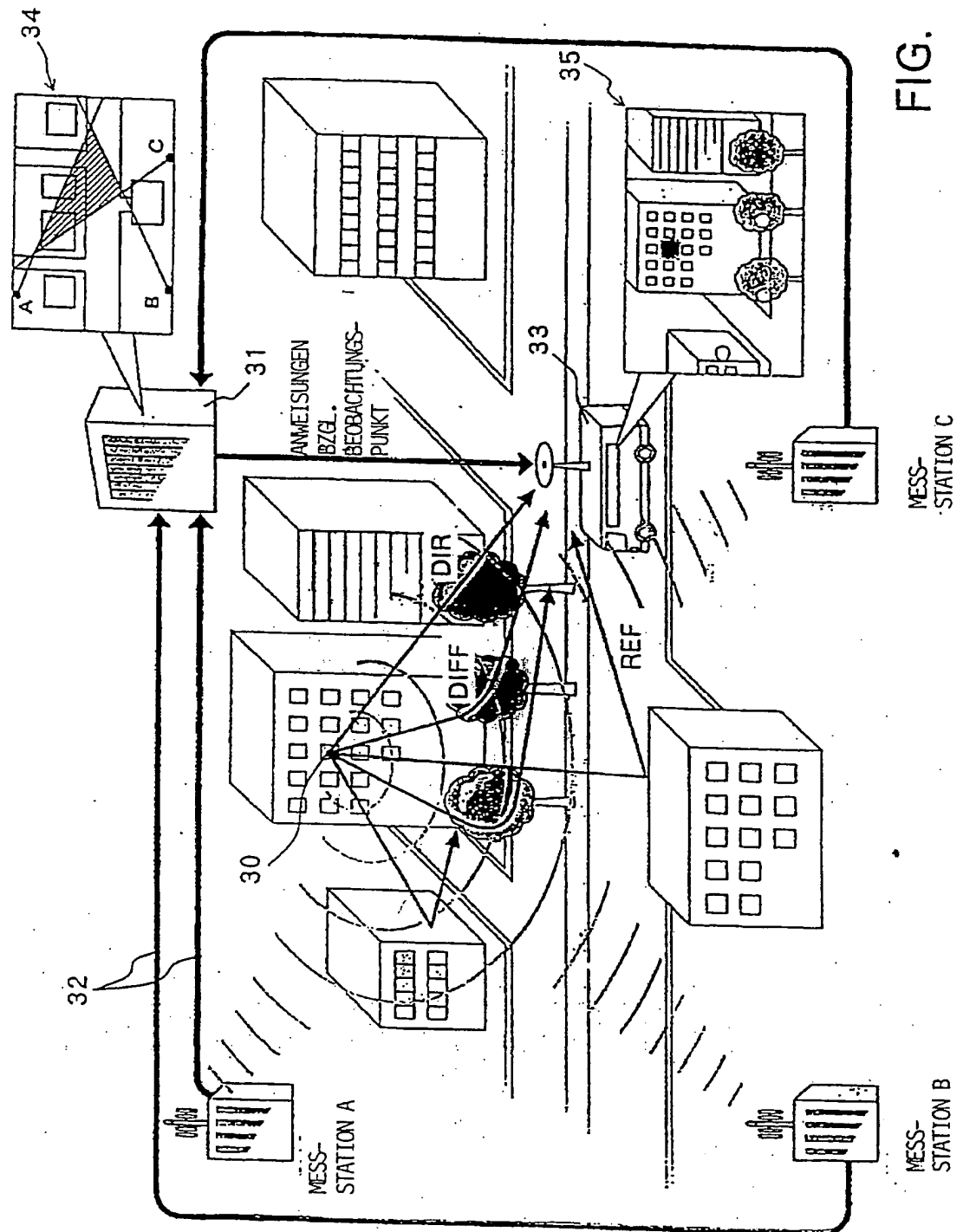
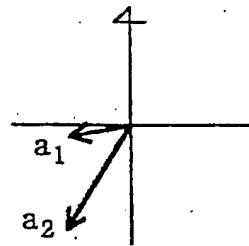
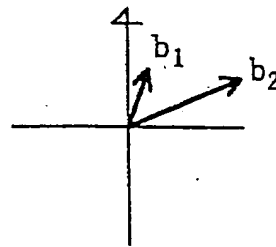


FIG. 5A



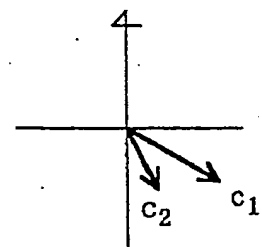
MESSSTATION A  
(BEOBACHTETER WERT)

FIG. 5B



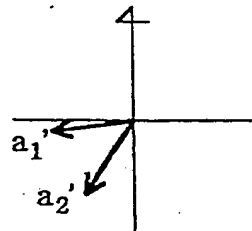
MESSSTATION B  
(BEOBACHTETER WERT)

FIG. 5C



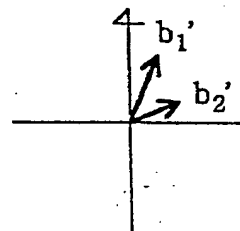
MESSSTATION C  
(BEOBACHTETER WERT)

FIG. 6A



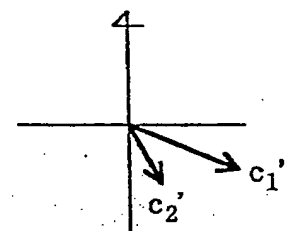
MESSSTATION A  
(SIMULIERTER WERT)

FIG. 6B



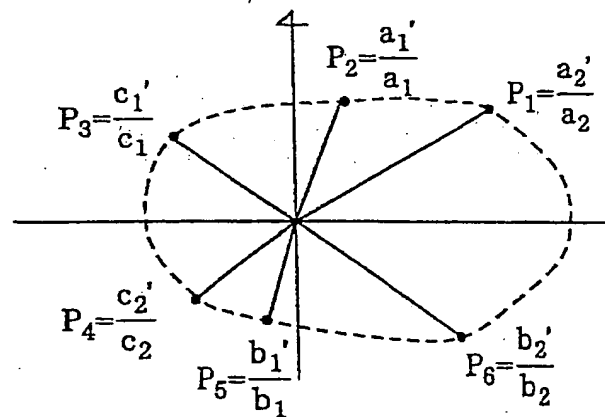
MESSSTATION B  
(SIMULIERTER WERT)

FIG. 6C



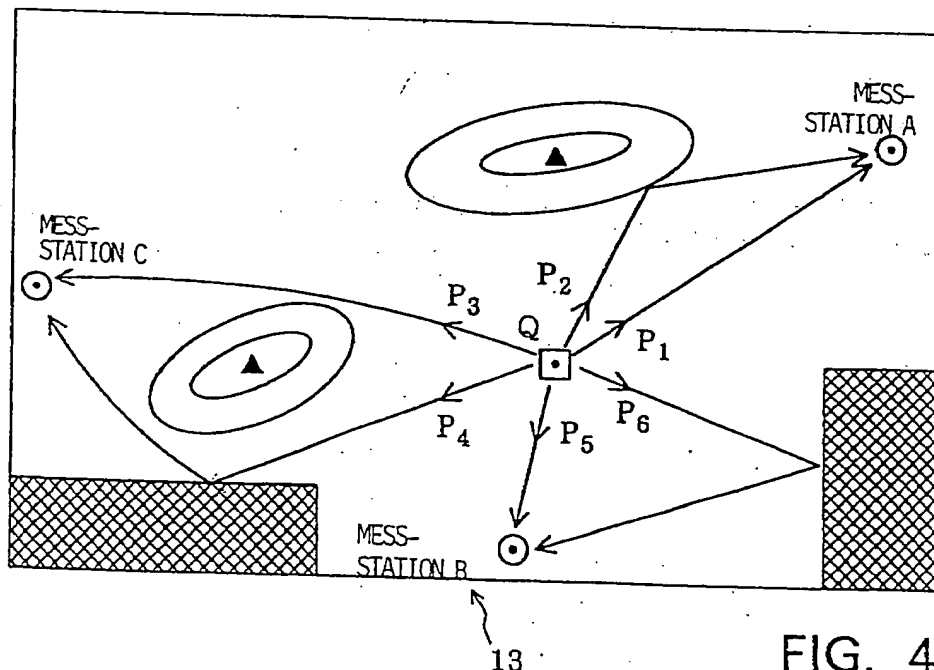
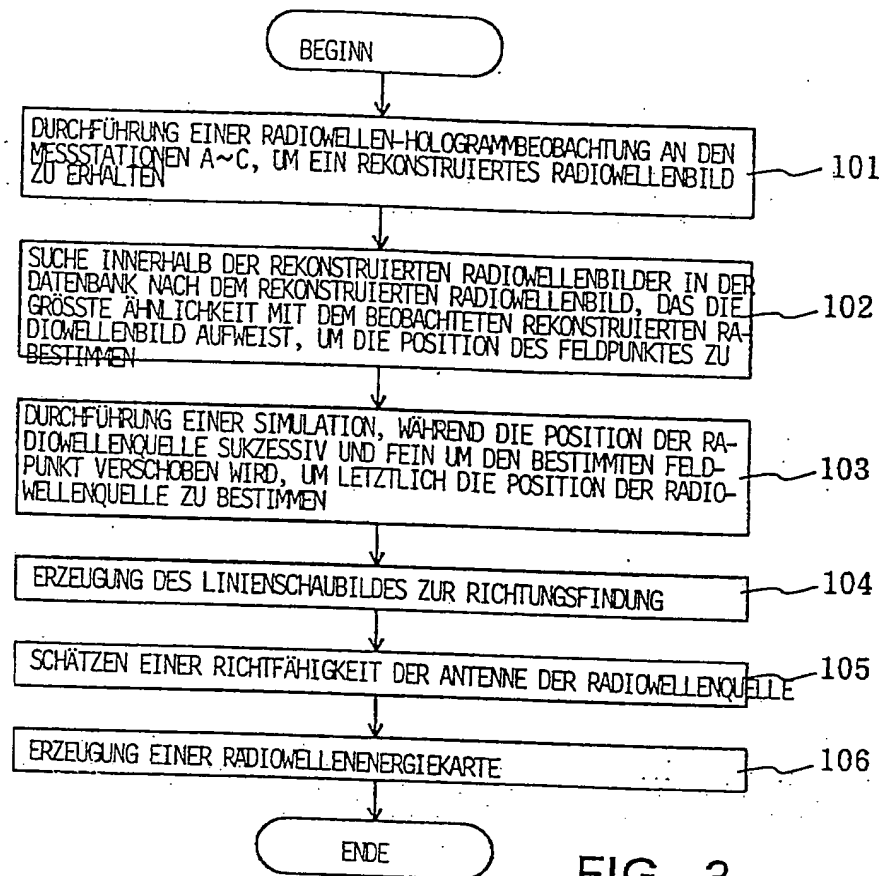
MESSSTATION C  
(SIMULIERTER WERT)

FIG. 7



GESCHÄTZTE RICHTFÄHIGKEIT DER ANTENNE





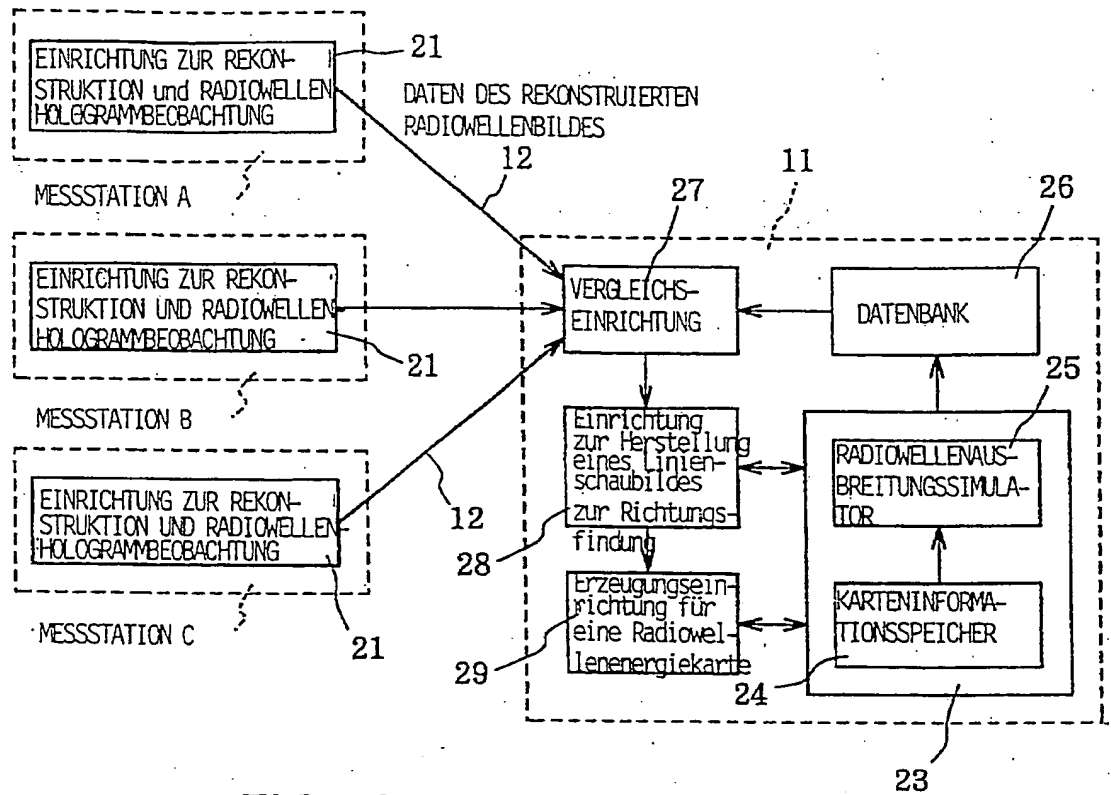
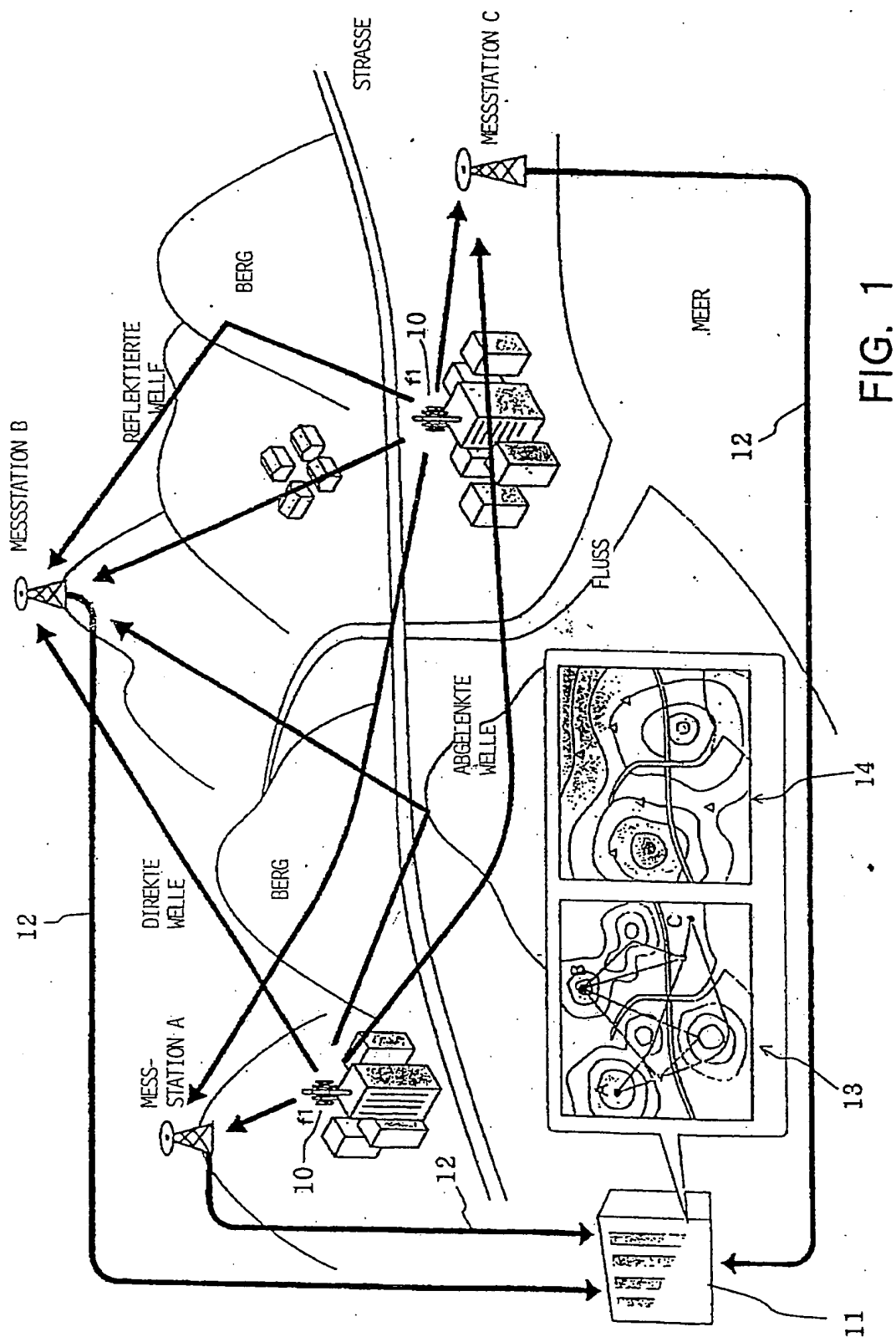


FIG. 2



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**